

EFFECTO DE LA AMONIFICACION SOBRE EL VALOR NUTRITIVO DEL ENSILAJE DE MAIZ

Ricardo A. Pabón P. *
J. Omar Toro B. *
Hugo Sánchez G. **

COMPENDIO

Mediante la técnica del microsilo, se midió el efecto de niveles de 0, 1, 2 y 3 o/o de NH_3 en base a la materia seca sobre el ensilaje de maíz con y sin mazorca. Las variables medidas fueron pH, temperatura, contenido de materia seca (o/o), contenido de proteína cruda (o/o), degradabilidad in situ de la materia seca y de la proteína cruda (o/o) a 48 horas de incubación ruminal. Los resultados muestran el efecto benéfico de la amonificación sobre la estabilidad del ensilaje y sobre su valor nutritivo. El análisis económico destaca el beneficio obtenido al ensilar sin mazorca, con los niveles superiores de amonificación.

ABSTRACT

With the help of microsilo technique, it was measured the ammonia effect on levels of NH_3 of 1, 2 and 3 o/o through dry matter on the corn ensilage with or without ear of corn. The different measures were pH, temperature, dry matter content (o/o), protein crude content (o/o) at 48 hours of ruminal incubation. The results shows the ammonia beneficent effect on the stability ensilage and on the nutritive value. The economic analysis emphasizes the benefit gotten with out ear of corn ensilage, with the ammonia superior levels, however it's necessary to make sure about the ear of corn market and to have access easiness to the involucred infrastructure in the ammonia process with watery ammonia.

* Estudiante de pre-grado. Universidad Nacional de Colombia. Palmira.

** Universidad Nacional de Colombia. Palmira.

1. INTRODUCCION

El amoníaco es un aditivo ampliamente utilizado en los Estados Unidos y en parte de Europa, en el tratamiento de el heno y de el ensilaje de maíz. En Colombia se ha utilizado con éxito en el tratamiento de la paja de arroz.

Las cosechas de maíz se destinan en mayor proporción a la producción de grano, cuando se utiliza para ensilaje sus características nutritivas son las mejores si se compara con otro tipo de ensilaje (Urrutia, Martínez y Shimada, 25). La remoción de la mazorca de la planta con destino a ensilaje baja los costos de producción de la cosecha.

Entre los factores que afectan la calidad de dicha preservación se destacan el contenido de humedad del forraje al momento de ensilar, su composición química, la exclusión del aire presente en la masa ensilada (Catchpoole y Henzell, 4; Hardy y Dominguez, 9; Jarrige, 14; Moore, 19). Owens, Meiske y Goodrich (22) sostienen que el valor nutritivo depende de prácticas como fertilización, condiciones climáticas y genéticas.

Diversos aditivos se han utilizado en el tratamiento del ensilaje de maíz. El tratamiento con amoníaco aumenta la digestibilidad de la hemicelulosa y celulosa de los forrajes, el consumo de materia seca, la tasa de digestión de la fibra y la excreción de orina (Escobar, Parra y Parra, 7). El amoníaco además buferiza productos de la fermentación e incrementa las concentraciones de ácido láctico (Geasler, 8; Huber, 11) y tiende a incrementar el pH de el ensilaje (Cash, 3; Huber y Santana, 12; Huber, Lichtenwalner y Thomas, 13).

Los objetivos del presente trabajo fueron determinar el efecto de diferentes niveles de amoníaco acuoso sobre el valor nutritivo y sobre la dinámica de la fermentación del ensilaje de maíz, con y sin mazorca, y evaluar la viabilidad de esta tecnología desde el punto de vista técnico y económico.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El trabajo se realizó en la Hacienda Piedechinche de propiedad del Ingenio Providencia, localizada en el municipio de Palmira-Valle. El maíz ICA H-211, cosechado a los 100 días, se cortó a 1.5 cm. Los tres novillos mestizos, con un promedio de dos años de edad y con fístula ruminal permanente, se alimentaron con ensilaje de maíz suplementado con melaza y urea al 2.5 o/o, sal mineralizada y agua a voluntad. Se emplearon 80 bolsas de fibra artificial con las dimensiones y exigencias descritas por Orskov *et al* (21); las muestras se molieron en una criba de 3 mm y se tomaron 5 gramos de material seco por tratamiento y bolsa. Los 40 microsilos se constituyeron con bolsas de polietileno (calibre 0.4) y polipropileno (50 x 70 cm) con una

capacidad de 15 kg; el material se apisonó manualmente y las bolsas se colocaron bajo techo.

Los factores estudiados fueron: pH (papel tornasol y por dilución 1: 10 en potenciómetro); temperatura; contenido de materia seca (o/o); contenido de proteína cruda (o/o); degradabilidad *in situ* de la materia seca y proteína cruda a 48 horas. Los días de observación fueron el 1, 3, 6, 10 y 21 del proceso de ensilado. Los tratamientos y su estructura factorial fueron: forraje de maíz picado sin mazorca + 0 o/o de NH_3 (T_1), forraje de maíz picado sin mazorca + 1 o/o de NH_3 (T_2), forraje de maíz picado sin mazorca + 2 o/o de NH_3 (T_3), forraje de maíz picado sin mazorca + 3 o/o de NH_3 (T_4), forraje de maíz picado con mazorca + 0 o/o de NH_3 (T_5), forraje de maíz picado con mazorca + 1 o/o de NH_3 (T_6), forraje de maíz picado con mazorca + 2 o/o de NH_3 (T_7) y forraje de maíz picado con mazorca + 3 o/o de NH_3 (T_8). El amoníaco acuoso (26 o/o NH_3) se expresó en porcentaje de la materia seca. El diseño experimental utilizado fue de "bloques completamente al azar" (BCA); la prueba de rango múltiple se usó para determinar las diferencias entre promedios de tratamientos (Steel y Torrie, 23).

Adicionalmente se determinaron las curvas de degradabilidad para la materia seca (o/o) y proteína cruda (o/o), en los días 1 y 21 de ensilado. Los períodos de incubación fueron de 4, 12, 24 y 48 horas.

El análisis económico se realizó por presupuestos parciales. Se calcularon los beneficios en términos de reducción de costos promedios para cada tratamiento, se estimaron los costos variables y así obtener el beneficio neto por tratamiento. Los criterios de variabilidad, calidad nutritiva y precio determinaron el mejor tratamiento.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Comportamiento del pH.

En las mediciones del pH por el método de dilución se registraron diferencias ($P \leq 0.01$) entre tratamientos; la prueba de Duncan estableció diferencias ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos T_1 y T_5 y los restantes. No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos con y sin mazorca. El nivel de amoníaco mostró diferencias altamente significativas (Cuadro 1).

Los resultados confirman que la adición de amoníaco aumenta los valores del pH (Britt y Huber, 1; Huber y Santana, 12; Huber, Lichtenwalner y Thomas, 13; Owens, Meiske y Goodrich, 22). Este método tiene el inconveniente de pérdidas por hidrólisis de amonio presente en el material; el secado de la muestra también puede ocasionar pérdidas por volatilización.

Cuadro 1

Efecto de los niveles de amoníaco en el comportamiento del pH (método de dilución)

o/o de NH ₃	pH	o/o Incremento
0	4.95 b	-
1	5.61 a	13.33
2	5.63 a	13.73
3	5.51 a	11.31

En la medición realizada con papel tornasol (Fig. 1) se observaron las siguientes diferencias ($P \leq 0.01$) entre los tratamientos: T₈ (9.0 a), T₄ (8.5 a), T₇ (8.2 a), T₃ (8.1 a) y T₆ (7.9 a), vs T₁ (4.9 c) y T₅ (4.7 c). La presencia o no de mazorca no incidió en diferencias significativas en el pH (papel tornasol); sin embargo los mayores valores se presentaron en los tratamientos con mazorca. El nivel de amoníaco afectó significativamente el valor del pH (Cuadro 2), lo cual es resultado de su efecto alcalino que constituye a evitar la proliferación de hongos y una fermentación anormal del ensilaje.

Cuadro 2

Efecto de los niveles de amoníaco en el comportamiento del pH (papel tornasol)

o/o de NH ₃	pH	o/o Incremento
0	4.80 b	-
1	7.30 a	52.08
2	8.15 a	69.79
3	8.75 a	82.29

Las características físicas que determinan la calidad del ensilaje (Moore, 19) fueron afectadas por la adición de amoníaco: la textura fue menos friable, aumentó el olor característico a amoníaco, desagradable e irritante a las mucosas, el color fue más amarillo.

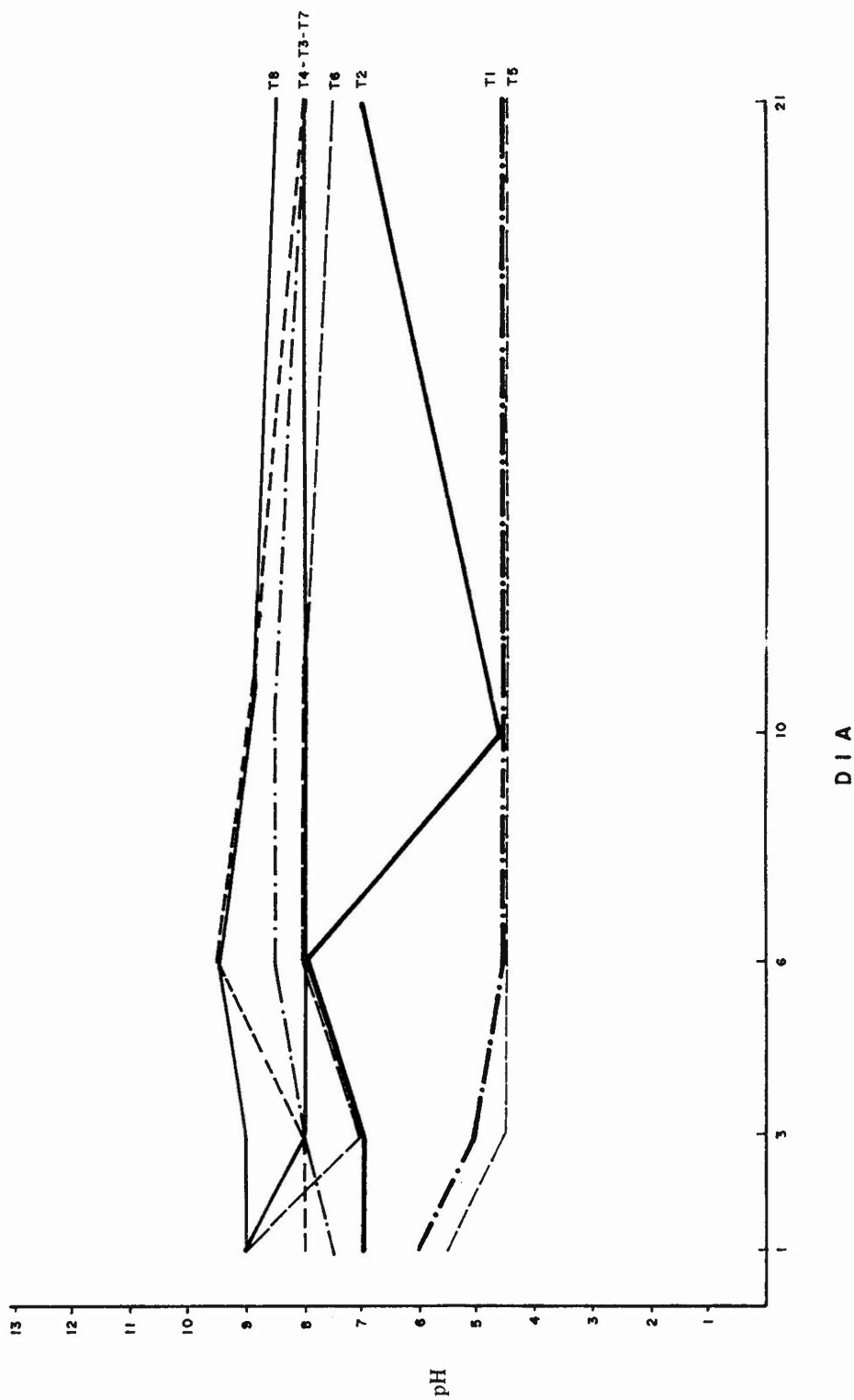


Fig. 1 Comportamiento del pH (papel tornasol) durante el tiempo de ensilado.

3.2. Comportamiento de la temperatura.

Entre tratamientos no se registraron diferencias significativas de la temperatura. A partir del día 10 de ensilado, los tratamientos muestran tendencias diferentes (Fig. 2), lo cual se debe a las características fisico-químicas del amoníaco acuoso.

La presencia de mazorca no afectó significativamente la temperatura de el ensilaje, confirmando que la remoción de la mazorca no afecta la dinámica de fermentación (Hemken *et al*, 10). Se encontraron diferencias ($P \leq 0.05$) entre los niveles de amoníaco, observándose mayores temperaturas en los niveles más bajos (Cuadro 3).

Cuadro 3

Efecto de los niveles de amoníaco en el comportamiento de la temperatura

o/o de NH ₃	Temperatura °C	o/o Incremento
0	26.7 a	-
1	25.7 a	- 3.74
2	25.5 a	- 4.49
3	24.7 b	- 7.49

Los resultados de Britt y Huber (1) informan sobre una leve tendencia a la reducción de la temperatura cuando se incrementa el nivel de amoníaco. Aunque en microsilos experimentales se registran temperaturas más bajas que en silos de campo o convencionales (Mc Cullough, 17), la tendencia indica que se pueden extrapolar dichos valores.

3.3. Contenido de materia seca.

Se detectaron diferencias ($P \leq 0.01$) en el contenido de materia seca entre tratamientos. Como el amoníaco inhibe parcialmente la fermentación, por consiguiente las pérdidas son menores (Linn, Otterby y Allen, 16)). La mazorca mejoró notablemente el contenido de materia seca (o/o), puesto que constituye una proporción alta de la materia seca de la planta entera. No se registró efecto del amoníaco sobre el porcentaje de materia seca (Cuadro 4); sin embargo los menores contenidos se presentaron con los niveles altos de amoníaco, debido en parte a que el amoníaco acuoso diluye la materia seca.

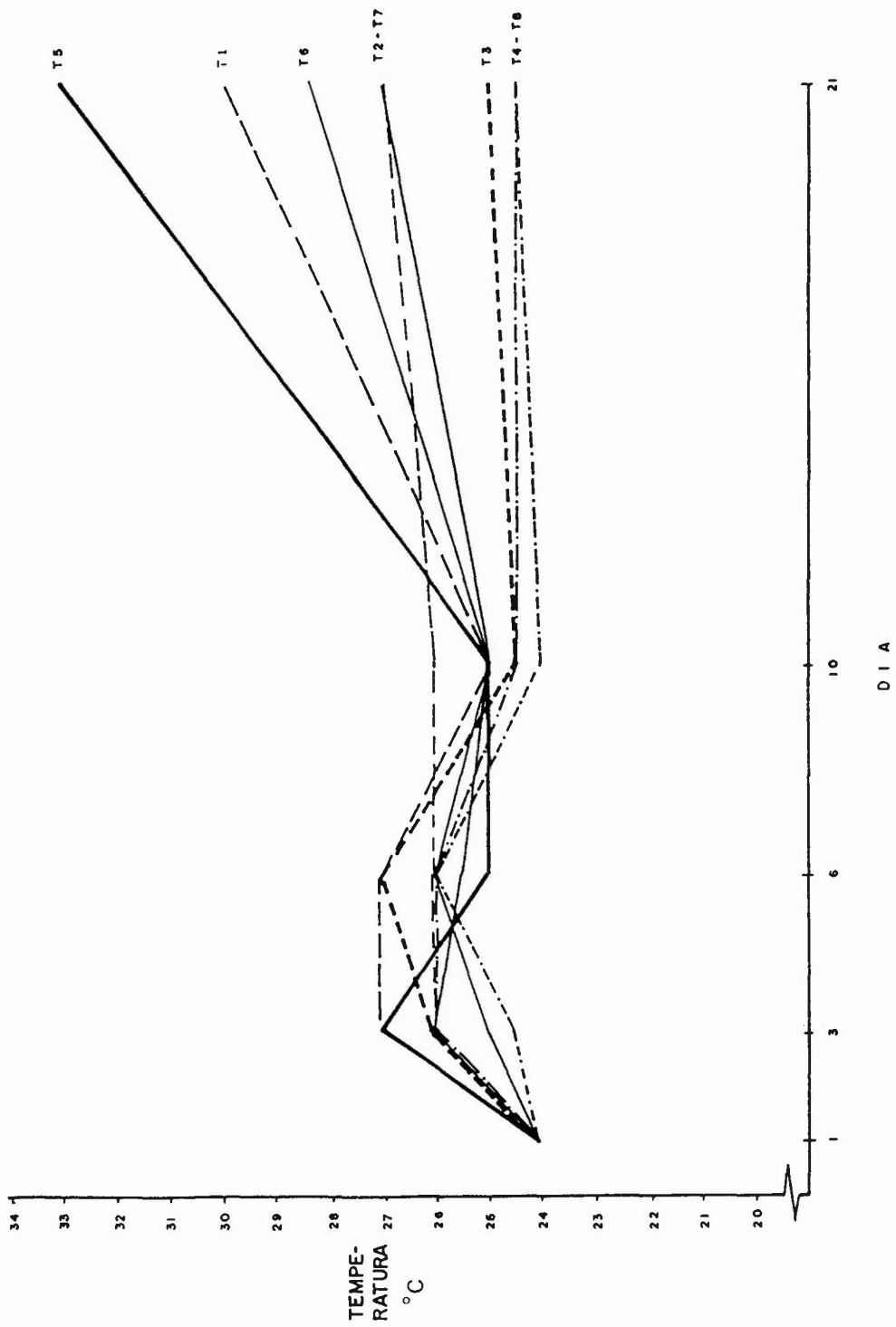


Fig. 2 Comportamiento de la temperatura durante el tiempo de ensilado

Cuadro 4

Efecto de los niveles de amoníaco en el contenido de materia seca

o/o de NH ₃	Materia seca (o/o)	o/o Incremento
0	35.72	-
1	33.99	- 4.84
2	33.62	- 5.87
3	33.30	- 6.77

Se registró un leve descenso en el contenido de materia seca hasta el día 6 de ensilado, siendo más evidente en los dos primeros días (Fig 3); lo cual confirma los resultados de Mc Cullough (18) sobre la mayor ocurrencia de pérdidas entre el primero y el séptimo día de ensilaje.

3.4. Contenido de proteína cruda.

En el contenido de proteína cruda se encontraron las siguientes diferencias ($P \leq 0.01$) entre tratamientos: T₈ (11.21 a), T₄ (11.05 a), T₃ (10.61 a), T₆ (10.37 a), T₇ (10.36 a) y T₂ (10.08 a) vs T₅ (7.07 b) y T₁ (6.57 b).

La presencia de mazorca no afectó ($P \leq 0.05$) el contenido de proteína cruda; pero tendió a ser mayor cuando se ensiló con mazorca, como lo informa la literatura (Díaz, 6; Hemken *et al*, 10; Urrutia, Martínez y Shimada, 25). Las medias mostraron diferencias ($P \leq 0.01$) según el nivel de amoníaco (Cuadro 5).

Cuadro 5

Efecto de los niveles de amoníaco en el contenido de proteína cruda

o/o de NH ₃	Proteína cruda en base seca (o/o)	o/o Incremento
0	6.82 b	-
1	10.22 a	49.85
2	10.48 a	53.66
3	11.13 a	63.19

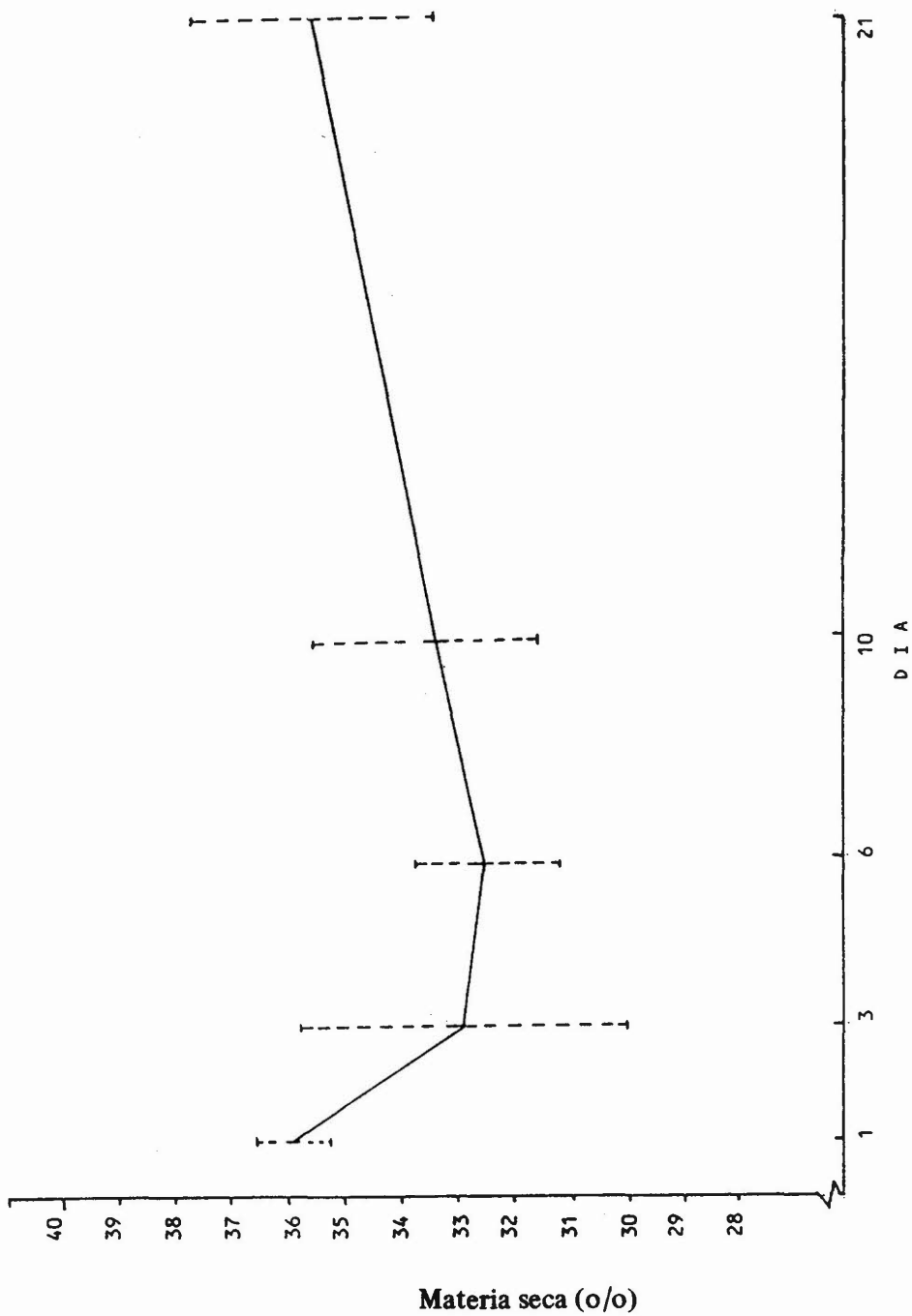


Fig. 3 Contenido de materia seca (o/o) - media por tratamientos.

Campbell (2) y Linn, Otterby y Allen (16) trabajando con amoníaco elevaron el contenido de proteína cruda en cinco unidades porcentuales aproximadamente, siendo la mayor parte nitrógeno no proteico.

3.5. Degradabilidad in situ de la materia seca.

Se detectaron diferencias ($P \leq 0.05$) en la degradabilidad in situ de la materia seca-DISMS entre tratamientos. La presencia de mazorca afectó la DISMS, siendo las diferencias máximas cuando no se utilizó amoníaco (Fig. 4). La mayor digestibilidad para ensilajes con mazorcas se atribuye al aumento marcado en el porcentaje de paredes celulares en los ensilajes sin mazorca (Hemken *et al*, 10; Urrutia, Martínez y Shimada, 25). Los glúcidos solubles presentes en el grano aumentan la DISMS de ensilajes con mazorca, con respecto al ensilaje sin mazorca, en el cual los componentes lignocelulares reducen este valor (Cumins, 5). El nivel de amoníaco no mostró efecto ($P \leq 0.05$) sobre la DISMS, pero tiende a mejorar a medida que aumenta el nivel de amoníaco, especialmente en forrajes de maíz sin mazorca (Cuadro 6).

Cuadro 6

Efecto de los niveles de amoníaco sobre la degradabilidad in situ de la materia seca- DISMS

<u>o/o de NH₃</u>	<u>DISMS (o/o)</u>	<u>o/o Incremento</u>
0	46.45	-
1	49.25	6.02
2	51.00	9.79
3	52.53	13.08

Tarkow y Feist (24) indican que el tratamiento alcalino actúa sobre los enlaces químicos que ligan los carbohidratos constituyentes de la pared celular. Moore, Lechtenberg y Hendrix (20) informaron sobre incrementos en la DISMS de ensilajes amonificados, indicando aumento en la degradabilidad de lignina, celulosa y hemicelulosa. Según la tendencia de la DISMS durante el proceso de ensilado, ocurrieron mayores valores para el día 21 que para el día 1 (Fig. 5).

3.6. Degradabilidad in situ de la proteína cruda.

Entre tratamientos se registraron diferencias ($P \leq 0.01$) en la degradabili-

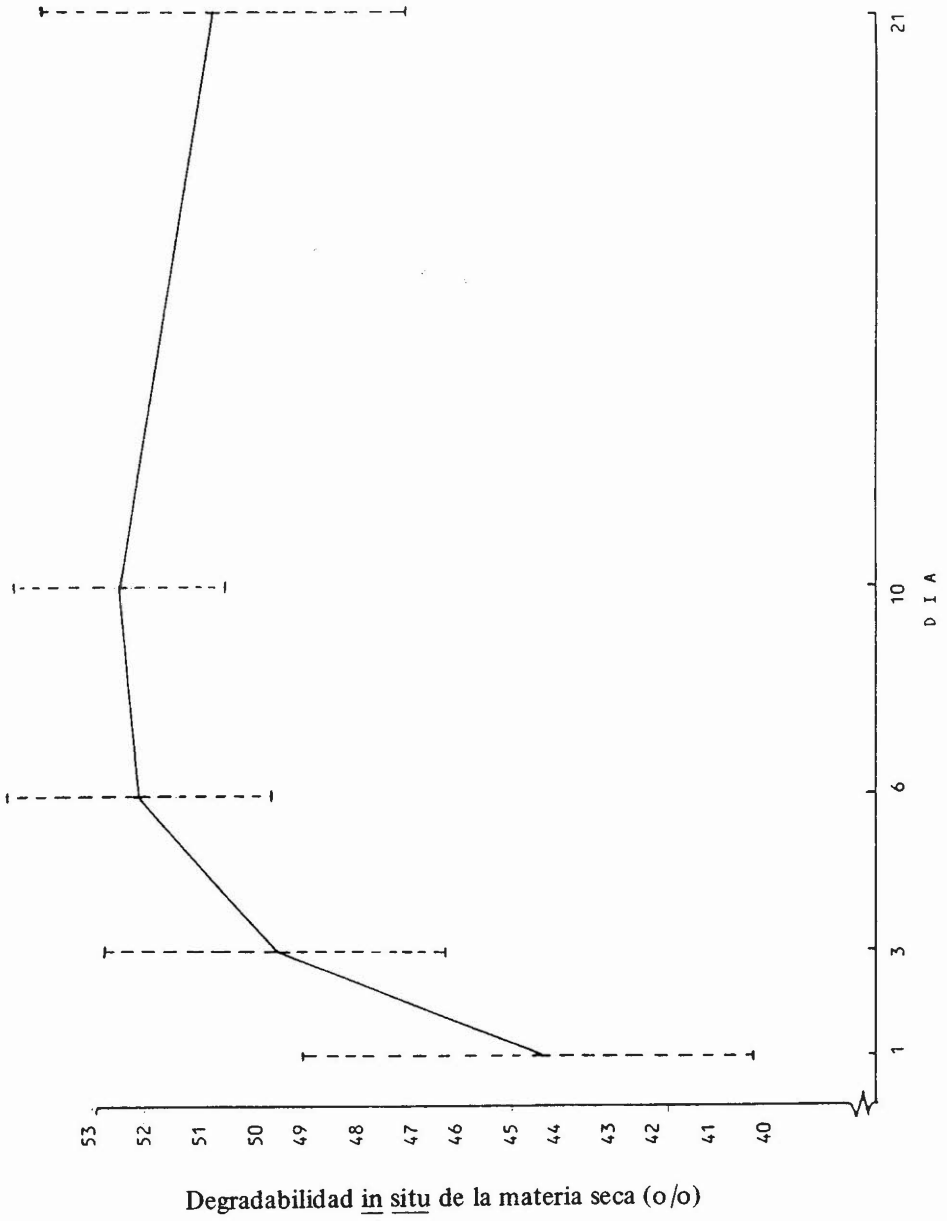


Fig. 5 Degradabilidad in situ materia seca a 48 horas - media por tratamientos

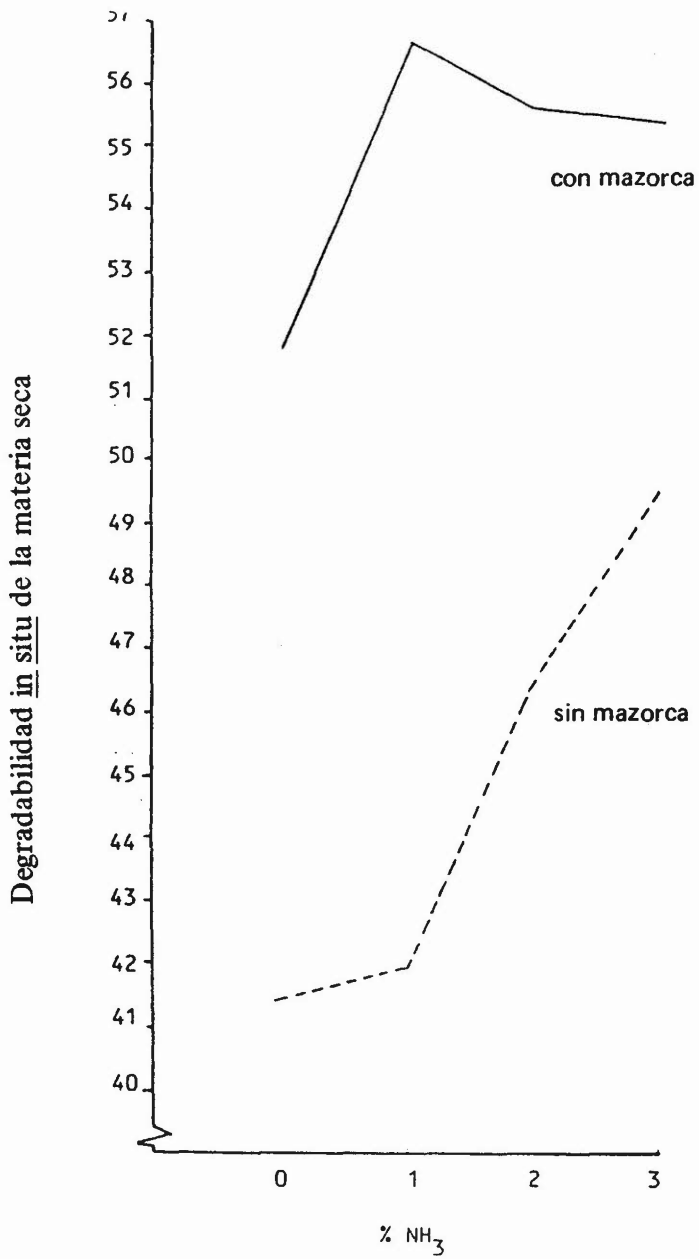


Fig. 4. Interacción, presencia de mazorca y nivel de amoníaco con la degradabilidad in situ de materia seca a 48 horas.

dad in situ de la proteína cruda-DISPC, en las cuales se nota la influencia de la mazorca y del nivel de amoníaco utilizado. Las medias de DISPC fueron de 44.41 o/o y 34.11 o/o para tratamientos con y sin mazorca, diferencias atribuidas a mayor actividad microbial en el ensilaje con mazorca, razón por la cual la velocidad de transformación es superior. El nivel de amoníaco afectó ($P \leq 0.01$) la DISPC (Cuadro 7).

Cuadro 7

Efecto de los niveles de amoníaco sobre la degradabilidad in situ de la proteína cruda- DISPC

<u>o/o de NH₃</u>	<u>DISPC (o/o)</u>	<u>o/o Incremento</u>
0	22.61 b	-
1	45.67 a	101.99
2	46.52 a	105.74
3	42.25 a	86.86

El aumento en la DISPC se atribuye a la adición de nitrógeno no proteínico, el cual además de aumentar la cantidad de proteína cruda, incrementa la proporción de nitrógeno total insoluble (Huber y Santana, 12; Huber, Lichtenwalner y Thomas, 13; Moore, Lechtenberg y Hendrix, 20).

Durante el ensilado, los valores obtenidos de DISPC fueron mayores para el día 21 que para el 1 (Fig. 6), por efecto del amoníaco sobre la pared celular y por aumento en la fracción de nitrógeno total altamente fermentable.

3.7. Análisis monetario.

En el cálculo de los beneficios netos (Cuadro 8) se utilizó como base el ensilaje de maíz tradicional (T₅) a \$ 9.54/kg de m.s. de ensilaje; la unidad porcentual de proteína cruda costó \$ 0.135 (N x 6.25) y la de DISMS \$ 0.0184.

Parece atractivo ensilar maíz sin mazorca, los ingresos por venta de choco (mazorca) cubren los costos de producción de maíz y de la amonificación, justificándose los niveles más altos de amoníaco acuoso (2 y 3 o/o de NH₃).

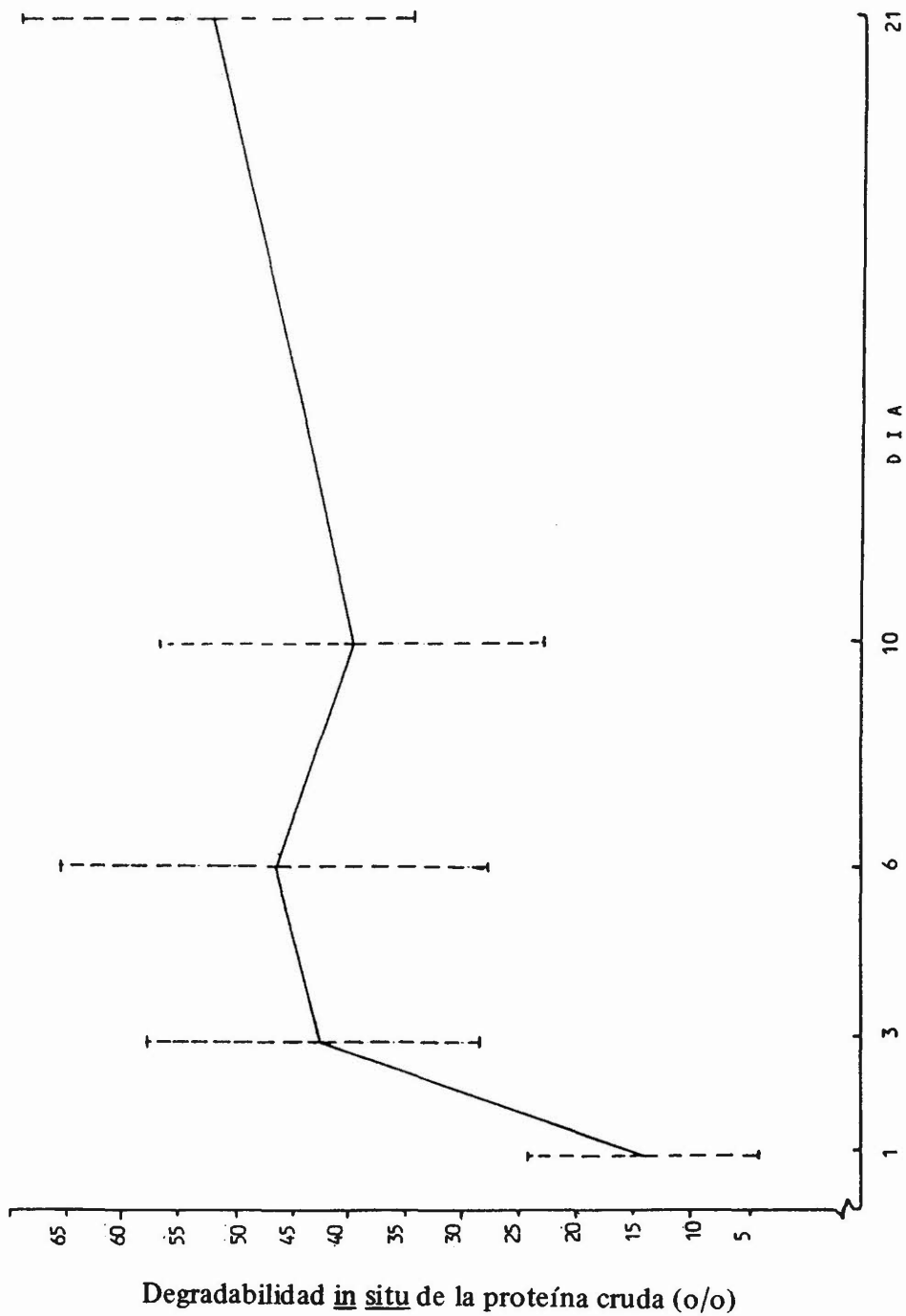


Fig. 6 Degradabilidad in situ proteína cruda a 48 horas media por tratamientos.

Presupuestos parciales por tonelada de maíz ensilado (100 días de edad) por tratamiento

	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈
BENEFICIOS								
Proteína	\$ - 67.5	406.4	478.0	537.0	0.000	445.5	444.1	559.0
DISMS	- 199.0	- 180.0	- 100.5	- 40.8	0.000	84.0	69.0	65.5
Ingreso venta de mazorca*	10 175	10 175	10 175	10 175	0.000	0.000	000.0	000.0
BENEFICIO TOTAL ...	\$ 9 908.5	10 401.4	10 552	10 671.2	0.000	529.5	513.1	624.5
COSTOS								
NH ₄ OH 26 o/o	\$ 0.000	553.5	1107.0	1664.5	0.000	586.3	1173.0	1759.5
Mano de obra	0.000	86.2	86.2	86.2	0.000	86.2	86.2	86.2
Equipos	0.000	119.3	119.3	119.3	0.000	119.3	119.3	119.3
Costos variables totales	\$ 0.000	759.0	1312.5	1870.0	0.000	792.0	1378.5	1965.0
BENEFICIO NETO ...	\$ 9908.5	9642.4	9240.0	8801.2	0.000	- 262.5	- 865.4	- 1340.0

* Una tonelada de forraje de maíz completo posee 407 kilos de choclo o sea el 40.7 o/o del peso total de la planta, a \$ 25/kg = \$ 10 175.

La aplicación de amoníaco requiere infraestructura (carrotanques, tanques de transporte y aplicación, etc) la cual no es disponible en nuestro medio, además la venta de choclo (mazorca) presenta limitante, pues es un mercado que se satura muy fácilmente. Si se logran superar estas dificultades, se podrá implantar esta tecnología.

4. CONCLUSIONES

- 4.1. La adición de amoníaco acuoso al ensilaje de maíz afectó el pH y la temperatura, creando condiciones favorables para la preservación.
- 4.2. El amoníaco acuoso incrementó el contenido de proteína cruda en más de cuatro unidades porcentuales en los ensilajes tratados con el 3 o/o de NH_3 .
- 4.3. La adición de amoníaco al ensilaje de maíz en niveles de 3 o/o de NH_3 , mejora la degradabilidad in situ de la materia seca en seis unidades porcentuales.
- 4.4. El ingreso obtenido por la venta de choclo (mazorca) al ensilar sin mazorca, justifica el tratamientos con amoníaco, sin embargo el difícil mercadeo del choclo y la falta de infraestructura necesaria, limitan la implantación de esta tecnología.

5. BIBLIOGRAFIA

1. BRITT, D.; HUBER, J. T. Fungal growth during fermentation and refermentación of nonprotein nitrogen treated corn silage. *Journal of Dairy Science* (U.S.A.) v.58 p.1666 - 1671. 1975.
2. CAMPBELL, J. K. How dairymen add anhydrous ammonia to forage. *Hoard's Dairyman* (U.S.A.) v. 128, n. 14. p.925,934. 1983.
3. CASH, E. Relationship of silage fermentation and additives to dry matter consumption by ruminants. East Lansing, Michigan State University, 1972. (Ph.D. Thesis).
4. CATCHPOOLE, V.; HENZELL, E. Silage and silage-making from tropical herbage species. *Herbage Abstracts* (Inglaterra). v. 41, p.213-221. 1971.
5. CUMMINS, D. Quality and yield of corn plants and component parts when harvested for silage at different maturity stages. *Agronomy Journal* (U.S.A.) v. 62, p. 781. 1970.

6. DIAZ, T. Comportamiento de vacas Holstein durante la primera fase de lactancia, alimentadas con ensilaje de maíz y suplementos proteícos. Bogotá , Universidad Nacional- ICA, 1982. p. 19-25. (Tesis M.Sc.).
7. ESCOBAR, A.; PARRA, O. de. Efecto del tratamiento alcalino sobre la digestibilidad, tasa de fermentación y consumo de la tusa de maíz. Producción Animal Tropical (México - Venezuela). v. 9, p. 49-57. 1984.
8. GEASLER, M. The effects of corn silage maturity, harvesting techniques and storage factors on fermentation parameters and cattle performance. East Lansing, Michigan State University, 1970. (Ph. D. Thesis).
9. HARDY, C.; DOMINGUEZ, C. Los pastos en Cuba. La Habana, 1979. t 1 . 559 p.
10. HEMKEN, R.; CLARK, N.; GOERING, H.; VANDERSALL, J. Nutritive value of corn silage as influenced by grain content. Journal of Dairy Science (U. S. A.) v. 54, p. 383-389. 1971.
11. HUBER, J. The nutritive value for lactating dairy cows of corn silage harvested at different maturities and treated with urea. International Zootechnic Symposium. 6th, Milan, 1971. Proceedings.
12. HUBER, J.; SANTANA, O. Ammonia-treated corn silage for dairy cattle. Journal of Dairy Science (U. S. A.) v. 55, p. 402-406. 1972.
13. HUBER, J.; LICHTENWALNER, R.; THOMAS, J. Factors affecting response of lactating cows to ammonia-treated corn silages. Journal of Dairy Science (U. S. A.) v. 56, p. 1283-1290. 1973.
14. JARRIGE, R. Alimentación de los rumiantes. Madrid, Mundiprensa, 1981. 697 p.
15. JARRIGE, R.; DEMARQUILLY, C.; DULPHY, J. Forage Conservation. En : Nutritional Limits to Animal Production from Pastures. International Symposium, St. Lucia, Qeensland (Australia). August 24th-28th, 1981. Proceedings. p. 363-387.
16. LINN, J.; OTTERBY, D; ALLEN, G. Anhydrous ammonia application to forages. En: Forage and Grassland Conference. Rochester. February 21-24, 1982. Abstracts, p. 141.
17. Mc CULLOUGH, M. Nuevas tendencias en el ensilaje de forrajes. Revista Mundial de Zootecnia (Italia) n. 15, p. 44-49. 1975.

18. Mc CULLOUGH, M. Factors influencing the net energy content of silage. *World Review Animal Production (Italia)*. v. 13, p. 83-87. 1977.
19. MOORE, L. Ensilado de gramíneas y leguminosas. En: HUDGES; HEATH; METCALF. *Forrajes*. Trad. J. L. de la Loma. 3 ed. México, 1972. p. 579-591.
20. MOORE, K.; LECHTENBERG, V. ; HENDRIX, K. Hay quality improvement by ammonia treatment. En: *Forage and Grassland Conference, Rochester*. February 21-24, 1982. p. 1.
21. ORSKOV, E.; De B. HOVELL. F.; MOULD, F. Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la evaluación de los alimentos. *Producción Animal Tropical (México - Venezuela)*. v. 5, p. 213-233. 1980.
22. OWENS, F.; MEISKE, J; GOODRICH, R. Corn silage fermentation. I. Effects of crude protein sources and sodium bisulfite on energy constituents. *Journal of Animal Science (U. S. A.)*. v. 30, p. 455. 1970.
23. STEEL, R; TORRIE, J. *Principles and procedures of statistics*. New York, McGraw-Hill, 1980.
24. TARKOW, H.; FEIST, W. A mechanism for improving the digestibility of lignocellulosic materials with dilute alkali and liquid ammonia. En: *Cellulase and their applications*. Advances in Chemical Society, Washington, 1969. p. 197-218.
25. URRUTIA, J.; MARTINEZ, L.; SHIMADA, A. Valor nutritivo del rastrojo y ensilaje de maíz con y sin mazorca, tratados con NaOH, para borregos en crecimiento. *Técnica Pecuaria en México*. n.42, p. 7-16. Enero-Junio 1982.